

NEKI UTJECAJNI PARAMETRI NA RAZINU VIBRACIJA MOTORNIH PILA LANČANICA

PARAMETERS INFLUENCING THE VIBRATION LEVEL OF PORTABLE CHAIN SAW

Vlado GOGLIA*

SAŽETAK: Kako je poznato, na razinu vibracija motornih pila lančanica djeluje veliki broj utjecajnih parametara. Da bi se osigurala ponovljivost mjerjenja, a time i usporedivost rezultata mjerjenja, nastoji se međunarodnim normama jasno odrediti mjerne postupak. Jasno opisan mjerne postupak omogućava i ocjenu ergonomskih karakteristika motornih pila, te izbor pila koje najbolje udovoljavaju postavljenim kriterijima. Nažalost, postoje značajne razlike mjerne rezultata razina vibracija na istoj motornoj pili u različitim mernim laboratorijima. To upućuje na zaključak da mernim postupkom nisu kontrolirani svi bitni utjecajni parametri. Stoga treba uložiti daljnji istraživački napor u veličinskom određenju utjecaja i onih parametara koji nisu obuhvaćeni međunarodnim standardima. Upravo je radi toga na Šumarskome fakultetu u Zagrebu istraživan utjecaj sljedećih djelujućih parametara: - rukovatelj, - zategnutost lanca, - duljina vodilice, - količina goriva u rezervoaru, - način držanja pile.

Utjecaji su svih navedenih parametara određeni mjerjenjima. U radu se iznose detaljniji podaci o tome. Istraživanjima se došlo do mnogih zanimljivih spoznaja. Dio je rezultata očekivan, dok je dio bio iznenadjući. Vjerujemo da će rezultati istraživanja doprinijeti postupnom unapredavanju mernog postupka te potaknuti promjene u odgovarajućim međunarodnim i nacionalnim normama.

Ključne riječi: motorne pile, vibracije, mjerne postupak, međunarodne norme

UVOD - Introduction

Većina ISO normi kojima se propisuje određenje tehničkih karakteristika radnih strojeva, naglašava potrebu primjene jednostavnih mjerne postupaka, ali isto tako upozorava da pojednostavljenja ne smiju narušiti mernu ponovljivost. Međutim, često je teško nedvojbeno odrediti jesu li razlike među mernim rezultatima uzrokovane nepreciznim određenjem mernoga postupka. Činjenica je da određivanje nekih utjecajnih

parametara koji značajno utječu na razinu vibracija motornih pila nije dovoljno precizno opisano u ISO 7505, međunarodnoj normi iz 1986, kojom se propisuje postupak mjerjenja vibracija koje se s ručki motornih pila prenose na ruke rukovatelja. U radu se iznosi dio rezultata istraživanja provedenih radi određenja utjecaja nekih parametara na razinu vibracija motornih lančanih pila.

DEFINICIJA PROBLEMA - Problem definition

Gotovo sve nacionalne norme kojima se propisuje postupak mjerjenja vibracija na ručkama motornih pila, kao i mnoge druge norme, kao osnovu rabe normu ISO

7505. U svim je normama nadzor nekih utjecajnih parametara tijekom mjerjenja jasno određen, za neke je utjecajne parametre određen samo dozvoljeni raspon, dok se neki tek usputno spominju. Česti je slučaj da se razine vibracija utvrđene mjerjenjima na istim pilama u

* Izv. prof. dr. sc. Vlado Goglia, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetosimunska 25, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

različitim institucijama kružnom usporedbom, tzv. Round Robin Testom, znatno razlikuju. Da bi se osigurala mjerna ponovljivost kao i usporedivost mjernih rezultata, nužno je jasnije odrediti mjerni postupak.

Na Šumarskome fakultetu u Zagrebu mjerene su razine vibracija na velikom broju različitih tipova motornih lančanih pila. Ovisno o utvrđenim razinama vibracija izdavane su uporabne dozvole za one pile koje su udovoljavale postavljenim kriterijima. Mjerni rezultati uspoređivani su sa sličnim dobivenim kod proizvođača ili u drugim institucijama kao što su KWF, DLG, Vakola i drugi. Uočena odstupanja utvrđena uspored-

bom mjernih rezultata jasno su ukazala na nedorečenošću mjernoga postupka. Da bi se ispitao utjecaj nekih djeležujućih parametara nejasno određenih u normama na razinu vibracija motornih pila, i time dijelom objasnilo rasipanje rezultata, provedena su veoma opsežna istraživanja. Zbog toga su izdvojeni sljedeći utjecajni parametri:

- rukovatelj,
- zategnutost lanca,
- duljina vodilice,
- razina goriva i maziva u spremnicima i
- način prihvata ručki motorne pile.

CILJ ISTRAŽIVANJA - Research objective

Istraživanja su provedena sa svrhom da se utvrdi koji od ranije navedenih parametara značajno utječe na razinu vibracija. ISO 7505 spominje rukovatelja pilom samo jednom: "Pilu treba pridržavati opušteno, ali dovoljno čvrsto za siguran nadzor njenog rada". Pretpostavilo se da način prihvata pile također može utjecati na razinu vibracija. Nadalje, zategnutost lanca pile je u ISO 7505 tek usputno spomenuta: "Lanac mora biti nov i mora biti podešen za rezanje na najbolji način...". Duljina vodilice se u normi ISO 7505 povezuje sa stapajnim obujmom cilindra. Prema preporukama te norme

duljina vodilice može biti izabrana u rasponu koji može utjecati na razinu vibracija na ručkama pile. Budući da je duljina rezanja povezana s duljinom vodilice, njen utjecaj postaje još značajniji.

Iako je potpuno sigurno da razina goriva i maziva u spremnicima značajno utječe na razinu vibracija koje se prenose na ruke rukovatelja, u ISO 7505 se tek usputno spominju: "... Lanac mora biti podmazan, a spremnici moraju biti popunjeni iznad polovice svoga obujma."

METODE MJERENJA I MJERNI INSTRUMENTARIJ - Method of measurement and measuring instruments

Za potrebe mjerjenja izvršen je slučajni izbor dviju pila sa skladišta ovlaštenog zastupnika proizvođača u Republici Hrvatskoj. Prije mjerjenja pile su uhodane i zagrijane. Istraživanja su dijelom obavljena na pilama STIHL 044 AVEQ, a dijelom na pilama STIHL 034 AVEQ. Kako na razinu vibracija utječu rukovatelj, zatezna sila i duljina vodilice ispitivano je na pili STIHL 044 AVEQ.

Sukladno planu istraživanja provedena su sljedeća mjerjenja:

- razina vrednovanih ubrzanja vibracija na prednjoj i stražnjoj ručki mjerena je pri sljedećim režimima rada:

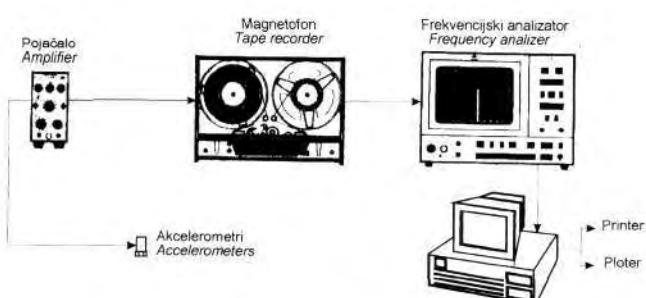
- a) u praznom hodu i
- b) pri maksimalnom broju okretaja;

- tijekom mjerjenja efektivne vrijednosti signala s akcelerometra u tri međusobno okomita smjera registrirane su na magnetofonskoj traci;

- analiza mjernih rezultata obavljena je u laboratoriju uz pomoć analizatora frekvencije i računala;

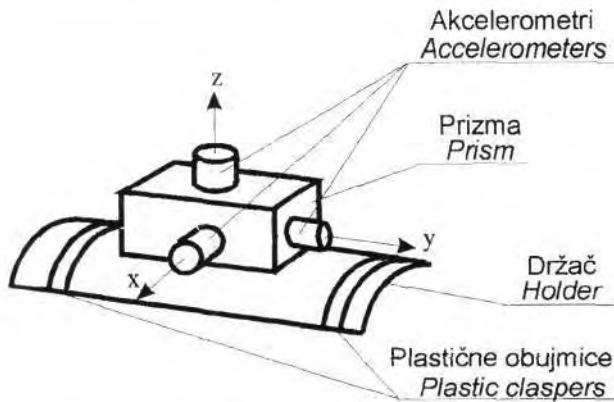
- mjerena su ponavljana s drugim rukovateljem kao i za dvije različite duljine vodilice.

Tijekom mjerjenja uporabljen je mjerni lanac prikazan na slici 1. Akcelerometri za sve tri osi, svaki mase manje od 5 g, bili su pričvršćeni na posebnom držaču kako to prikazuje slika 2. Držač je na ručke motorne pile bio pričvršćen plastičnim obujmicama. Ukupna masa akcelerometara i držača nije prelazila 50 g. Koordinatni sustav u kojem su provedena mjerjenja pojedinih sastavnica vektora ubrzanja vibracija prikazan je na slici 3. Utjecaj razine goriva i maziva u spremnicima kao i utjecaj načina prihvata pile ispitani su na pili STIHL



Sl. 1. Shematski prikaz mjernog lanca pri mjerenu vibracija

Fig. 1. Diagrammatic representation of the measuring chain used at measuring vibrations

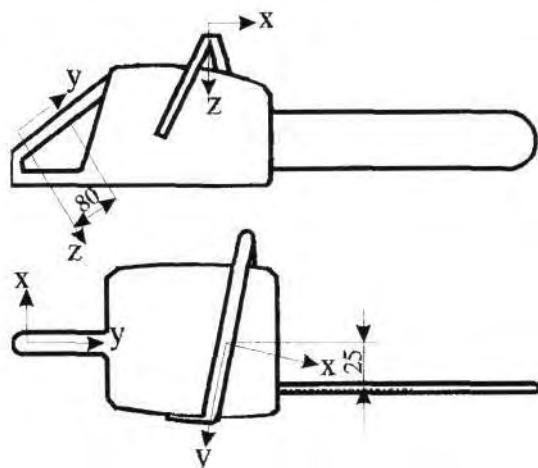


Sl. 2. Pričvršćivanje akcelerometara na ručke motorne pile
Fig. 2. Mounting of the accelerometers on the chain saw handles

034 AVEQ. Mjerenja su provedena uporabom istoga mjernog lanca. Mjerenje razine vibracija obavljena su samo na stražnjoj ručki, istovremeno u sve tri koordinatne osi pri sljedećim režimima rada:

- u praznom hodu,
- pri maksimalnoj snazi motora i
- pri maksimalnoj frekvenciji vrtnje.

Za svaki je režim rada obavljeno osam nezavisnih mjerjenja. Efektivne vrijednosti vibracija za sve tri osi istovremeno su snimane na magnetofonskoj traci. Analiza snimljenih signala obavljena je u laboratorijskim uvjetima.



Sl. 3. Položaj akcelerometara na ručkama motorne pile
Fig. 3. Location of the accelerometer on the chain saw handles

Smjerovi koordinatnih osi na prednjoj i stražnjoj ručki ranije su prikazani na slici 3. Mjerni lanac rabljen tijekom mjerjenja imao je sljedeće sastavnice:

- tri Brüel & Kjaer akcelerometra tip 4375,
- tri Brüel & Kjaer pojačala tip 2635,
- magnetofon proizvođača Brüel & Kjaer tip 7003,
- analizator frekvencije istoga proizvođača, tip 2131,
- računalo Hewlett Packard,
- mjerač broja okretaja motora W. Laender, tip N 37.

MJERENJE I REZULTATI MJERENJA - Measurement and the results of measurements

Rezultati će se mjerjenja iznijeti izdvojeno; prvo oni dobiveni mjerjenjima razine vibracija na pili STIHL 044 AVEQ, a potom oni dobiveni mjerjenjima razine vibracija na pili STIHL 034 AVEQ.

A) Mjerni rezultati ispitivanja pile STIHL 044 AVEQ

Kako je već ranije spomenuto, mjerena su se istovremeno obavljala u sve tri koordinatne osi, najprije na prednjoj, a potom na stražnjoj ručki. Za svaku ručku kao i za svaki režim rada obavljeno je pet nezavisnih mjerjenja. Za oba režima rada izvršena je tercna analiza vibracija u sva tri koordinatna smjera. Rezultati su mjerena razvrstani prema utjecajnim parametrima:

a) Utjecaj rukovatelja na razinu vibracija

Rezultati mjerena za sva tri smjera u oba režima rada na prednjoj i stražnjoj ručki sadržani su u tablici 1. Da bi se ispitao utjecaj rukovatelja, mjerena su obavljena sa:

- profesionalnim sjekačem - instruktorom i
- priučenim rukovateljem.

Za svako mjerjenje izračunat je resultantni vektor vrednovanih ubrzanja vibracija u pojedinim osima (WAS - weighted acceleration sum). WAS vrijednosti također su prikazane u tablici 1.

b) Utjecaj duljine vodilice na razinu vibracija

Mjerena su obavljena s dvije različite duljine vodilica: najprije s vodilicom duljine 40 cm, a zatim s vodilicom duljine 52 cm. Rezultati su razvrstani na prije opisani način te prikazani u tablici 2.

c) Utjecaj zategnutosti lanca

Budući da je zategnutost lana ISO normom potpuno neodređena veličina, mjerjenjima je ispitana i njen utjecaj. Tijekom mjerjenja pilom je rukovao priučeni rukovatelj. Za mjerena je uporabljena vodilica lana duljine 52 cm. Zategnutost lana određivana je na način prikazan na slici 4. Pri svakom mjerenu na lana je ovješen uteg jednake mase (težine). Razmak između vodilice i lana predstavlja je mjeru zategnutosti lana. Vrijednosti dobivane tim mjerjenjima prikazane su u tablici 3. Izmjerene razine vibracija na obje ručke u sve tri koordinatne osi prikazane su u tablici 4.

Rezultati mjerena utjecaja rukovatelja na razinu vibracija na pili STIHL 044 AVEQ, m/s^2

Results of measurement of the operator's influence on the vibrations level measured at the STIHL 044 AVEQ, m/s^2

Tab. 1.

Režimi rada Operating conditions			Mjerenje br. Measuring No.						WAS m/s^2	
			1	2	3	4	5	x		
P r e d n j a r u č k a S t r a ž n j a r u č.	P H M B O	A	x	2,89	2,94	2,76	4,04	3,97	3,32	
			y	3,27	4,29	3,95	4,08	5,02	4,12	8,3
			z	7,26	6,24	6,44	6,40	5,65	6,40	
		B	x	6,11	7,79	8,64	8,68	8,38	7,92	
			y	8,83	8,63	8,19	8,03	8,04	8,34	12,69
			z	4,43	5,33	5,13	6,66	5,26	5,36	
	M B O	A	x	4,23	3,09	3,21	3,18	3,15	3,37	
			y	2,07	1,86	1,76	1,88	1,69	1,85	4,76
			z	2,87	2,85	2,66	2,83	2,86	2,81	
		B	x	5,81	5,47	5,84	5,47	5,51	5,62	
			y	2,14	2,12	2,04	2,42	2,18	2,18	7,47
			z	4,20	4,27	4,28	4,64	4,70	4,42	

* PH - prazni hod (*idling*); MBO - maksimalni broj okretaja (*max. rot. freq.*)

** A - profesionalni sjekač (*professional lumberjack*);

B - priučeni radnik (*inexperienced worker*)

Prednja ručka - *Front handle*

Stražnja ručka - *Rear handle*

Rezultati mjerena utjecaja duljine vodilice lanca na razinu vibracija na pili STIHL 044 AVEQ, m/s^2

Results of measurement of the chain saw guide length influence on the vibrations level at the STIHL 044 AVEQ handles, m/s^2

Tab. 1.

Režimi rada Operating conditions			Mjerenje br. Measuring No.						WAS m/s^2	
			1	2	3	4	5	x		
P r e d n j a r u č k a S t r a ž n j a r u č.	P H M B O	K	x	6,35	8,08	7,54	6,76	6,81	7,11	12,43
			y	8,82	7,81	8,05	7,99	8,55	8,24	
			z	5,93	6,53	6,09	5,45	-	6,00	
		D	x	7,36	6,43	7,11	6,29	7,08	6,85	10,33
			y	6,31	5,07	4,88	5,12	5,15	5,41	
			z	6,08	5,41	5,12	5,59	5,52	5,54	
	M B O	K	x	5,71	5,56	5,82	5,31	5,16	5,51	7,61
			y	2,5	2,55	2,63	2,89	2,61	2,64	
			z	4,36	4,66	4,45	4,67	4,57	4,54	
		D	x	4,70	4,49	4,56	4,60	4,61	4,59	6,68
			y	2,48	2,37	2,34	2,37	2,38	2,43	
			z	3,92	4,34	4,35	4,24	4,24	4,22	
	S t r a ž n j a r u č.	K	x	2,61	3,14	2,70	2,70	2,55	3,03	17,8
			y	5,89	5,85	4,89	6,48	5,65	5,75	
			z	12,05	12,3	12,5	12,2	11,5	12,2	
		D	x	2,94	2,63	2,48	2,53	2,30	2,57	14,58
			y	5,64	6,14	5,21	5,31	4,59	5,50	
			z	12,7	13,5	13,8	13,3	-	13,3	
		M B O	x	4,37	4,35	3,50	3,50	3,45	3,83	5,57
			y	3,55	3,48	3,45	3,12	3,20	3,36	
			z	2,57	2,55	1,94	2,04	2,09	2,24	
			x	3,89	4,06	3,87	4,34	4,25	4,08	6,82
			y	4,07	4,06	4,35	4,40	4,24	4,22	
			z	3,19	3,61	3,52	3,50	3,51	3,47	

* K - kratka vodilica (*short chain bar*);
D - duga vodilica (*long chain bar*)

Zazor između lanca i vodilice za dvije različite sile zatezanja, mm

Defection of the chain from the long guide for two different levels of chain strain, mm

Tab. 3.

Zategnutost lanca Chain strained	Prije mjerena Before meas.	Poslije mjerena After measuring	Srednja vrijednost Mean value
Zategnut Strained	6,4	5,7	6,05
Nezategnut Loosened	7,0	7,7	7,35

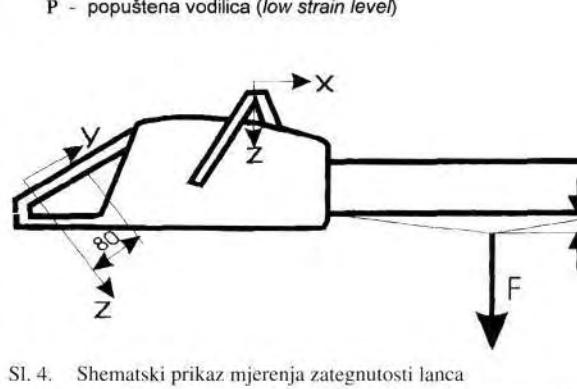
Rezultati mjerena utjecaja sile zatezanja lanca na razinu vibracija na pili STIHL 044 AVEQ, m/s^2

Results of measurement of the chain strain force influence on the vibrations level at the STIHL 044 AVEQ, m/s^2

Tab. 4.

Režimi rada Operating conditions			Mjerenje br. Measuring No.						WAS m/s^2	
			1	2	3	4	5	x		
P r e d n j a r u č k a S t r a ž n j a r u č.	P H M B O	Z	x	6,31	5,57	4,88	5,12	5,15	5,41	10,33
			y	7,36	6,43	7,11	6,29	7,08	6,85	
			z	6,08	5,41	5,12	5,59	5,52	5,54	
		P	x	4,46	5,15	5,82	5,01	4,84	5,06	10,00
			y	6,75	6,82	6,43	7,44	6,68	6,82	
			z	5,78	5,44	4,38	4,24	5,99	5,29	
	M B O	B	x	4,70	4,49	4,56	4,60	4,61	4,59	6,68
			y	2,48	2,37	2,34	2,38	2,43	2,40	
			z	3,92	4,34	4,35	4,24	4,24	4,22	
		O	x	3,87	3,68	4,39	4,47	4,52	4,19	6,34
			y	2,26	2,37	2,36	2,33	2,43	2,35	
			z	3,52	3,64	4,50	4,60	4,44	4,14	

* Z - zategnuta vodilica (*high strain level*);
P - popuštena vodilica (*low strain level*)



Sl. 4. Shematski prikaz mjeranja zategnutosti lanca

Fig. 4. Diagrammatic representation of the chain strain measuring

B) Mjerni rezultati ispitivanja pile STIHL 034 AVEQ

Ova su mjerena provedena radi utvrđenja utjecaja količine goriva i maziva u spremnicima na razinu vibracije. Ovim je mjeranjima ispitivan i utjecaj načina prihvata pile na razinu vibracija. Mjerni rezultati bili su razvrstani po utjecajnim parametrima na prije opisa-

ni način. Mjerenja su obavljena samo na stražnjoj ručki, u sva tri koordinatna smjera istovremeno. Za svaki režim rada obavljeno je osam nezavisnih mjerjenja za sve tri koordinatne osi. Mjerenja su najprije snimana na magnetofonsku traku, a potom analizirana pomoću analizatora. Za svako je mjerjenje obavljena frekvencijska analiza. Za svaku srednju frekvenciju terca računate su srednje vrijednosti ubrzanja vibracija iz osam nezavisnih mjerjenja. Vektor vrednovanog ubrzanja u po-

jedinim smjerovima računat je na osnovi srednjih vrijednosti vibracija po tercama, a iz vektora vrednovanih ubrzanja izračunate su vrijednosti rezultantnih vektora (WAS). Karakteristike filtera za vrednovanje ubrzanja vibracija u pojedinim osima bile su u skladu s preporukama norme ISO 5349. Vrijednosti vrednovanih ubrzanja, WAS vrijednosti, postotno odstupanje pojedinih WAS vrijednosti u odnosu na aritmetičku sredinu, kao i standardne devijacije date su u tablicama 5 do 16.

Rezultati mjerjenja razine vibracije na stražnjoj ručki na pili STIHL 034 AVEQ, m/s²

The measurement results of vibration level on rear handle at the STIHL 034 AVEQ chain saw, m/s²

Tab. 5—16

Prislonjeno uz tijelo rukovatelja (stražnja ručka)

Put up against the operator (rear handle)

B) Maksimalni broj okretaja (maximum rotational frequency):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	5,93	6,49	4,22	9,75	9,4
2	5,92	6,35	4,07	9,59	7,6
3	4,12	4,89	2,66	6,92	22,3
4	5,49	7,33	3,42	9,77	9,6
5	5,24	6,32	3,01	8,74	1,9
6	5,17	6,04	2,9	8,46	5,1
7	5,28	5,99	4,48	9,16	2,8
8	5,21	5,89	4,2	8,91	0
Arit. sredina Mean value	5,29	6,16	3,62	8,91	

$$\sigma = 0,88 \text{ m/s}^2$$

$$\sigma = 0,31 \text{ m/s}^2$$

B) Maksimalni broj okretaja (maximum rotational frequency):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	5,93	6,49	4,22	9,75	9,4
2	5,92	6,35	4,07	9,59	7,6
3	4,12	4,89	2,66	6,92	22,3
4	5,49	7,33	3,42	9,77	9,6
5	5,24	6,32	3,01	8,74	1,9
6	5,17	6,04	2,9	8,46	5,1
7	5,28	5,99	4,48	9,16	2,8
8	5,21	5,89	4,2	8,91	0
Arit. sredina Mean value	5,29	6,16	3,62	8,91	

$$\sigma = 0,88 \text{ m/s}^2$$

$$\sigma = 0,05 \text{ m/s}^2$$

C) Maksimalna snaga (full load):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	6,56	7,63	4,38	10,94	1,3
2	6,07	7,90	4,48	10,92	1,5
3	6,17	9,12	3,85	11,66	5,1
4	6,1	8,62	4,26	11,38	2,6
5	5,96	8,91	4,07	11,47	3,4
6	5,96	8,11	4,59	11,06	0,3
7	6,59	6,83	3,80	10,22	7,8
Arit. sredina Mean value	6,19	8,04	4,	11,09	

$$\sigma = 0,44 \text{ m/s}^2$$

$$\sigma = 0,29 \text{ m/s}^2$$

Odmaknuto od rukovatelja (stražnja ručka)

Held away from the operator (rear handle)

A) Prazni hod (idling):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	6,98	1,71	1,47	7,33	3,2
2	6,43	2,44	1,67	7,08	6,6
3	6,84	3,11	1,84	7,74	2,1
4	6,64	2,99	1,81	7,5	1,1
5	6,61	3,01	1,78	7,48	1,3
6	7,07	2,31	1,94	7,69	1,4
7	7,24	2,53	1,81	7,68	1,3
8	7,42	2,64	1,94	8,11	7,0
Arit. sredina Mean value	6,9	2,59	1,78	7,58	

B) Maksimalni broj okretaja (maximum rotational frequency):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	4,91	3,89	2,87	6,89	0,6
2	4,88	3,84	2,91	6,87	0,3
3	4,85	3,84	2,76	6,77	1,2
4	4,77	4,03	2,93	6,90	0,7
5	4,73	3,91	2,90	6,79	0,9
6	4,72	3,75	3,36	6,90	0,7
7	4,73	3,87	3,05	6,83	0,3
8	4,71	3,97	3,06	6,88	0,4
Arit. sredina Mean value	4,79	3,89	2,98	6,85	

C) Maksimalna snaga (full load):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	5,93	7,7	4,73	10,81	3,0
2	5,91	7,61	5,03	10,87	2,4
3	5,84	6,09	4,44	11,22	0,7
4	6,68	7,85	4,62	11,29	1,3
5	6,44	7,26	4,72	10,79	3,1
6	-	-	-	6,69	2,7
7	6,65	6,48	6,69	11,44	2,7
8	6,41	6,56	7,01	11,54	3,6
Arit. sredina Mean value	6,27	7,08	5,32	11,14	

$$\sigma = 0,29 \text{ m/s}^2$$

Prazni spremnici (stražnja ručka)*Empty tanks (rear handle)*A) Prazni hod (*idling*):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	7,01	2,34	3,50	8,18	8,80
2	6,03	2,46	2,70	7,05	6,20
3	6,50	2,57	2,75	7,51	0,10
4	6,26	2,15	2,59	7,11	5,40
5	7,92	2,01	2,48	8,54	13,56
6	6,30	2,19	2,55	7,14	5,10
7	6,50	2,32	2,69	7,41	1,50
8	6,32	2,03	2,89	7,24	3,70
Arit. sredina <i>Mean value</i>	6,60	2,26	2,77	7,52	

$$\sigma=0,51 \text{ m/s}^2$$

B) Maksimalni broj okretaja (*maximum rotational frequency*):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	5,08	4,97	2,59	7,56	7,0
2	6,32	5,40	2,75	8,56	5,3
3	5,57	5,87	2,78	8,56	5,3
4	5,16	6,00	2,50	8,30	2,1
5	5,16	4,76	2,22	7,36	9,5
6	5,24	5,93	2,46	8,29	2,0
7	5,17	5,73	2,58	8,14	0,1
8	5,19	5,85	2,59	8,24	1,4
Arit. sredina <i>Mean value</i>	5,36	5,56	2,56	8,13	

$$\sigma=0,41 \text{ m/s}^2$$

C) Maksimalna snaga (*full load*):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	6,01	4,24	2,01	7,62	3,0
2	6,19	4,59	2,13	8,94	13,7
3	6,39	5,61	2,16	8,77	11,6
4	6,35	4,96	2,24	8,36	6,4
5	5,51	4,50	2,10	7,42	5,6
6	5,53	4,61	2,31	7,56	3,8
7	5,46	4,43	2,33	7,41	5,7
8	4,95	4,29	1,93	6,83	13,1
Arit. sredina <i>Mean value</i>	5,80	4,65	2,15	7,86	

$$\sigma=0,69 \text{ m/s}^2$$

Puni spremnici (stražnja ručka)*Full tanks (rear handle)*A) Prazni hod (*idling*):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	5,4	3,05	2,40	6,65	10,6
2	5,35	3,18	2,47	6,70	9,90
3	5,50	2,97	2,73	6,82	8,33
4	6,50	3,00	2,38	7,54	1,30
5	6,44	3,08	2,78	7,66	3,00
6	6,14	3,14	2,43	7,31	1,70
7	8,04	2,800	2,13	8,78	18,0
8	7,01	3,01	2,64	8,08	8,60
Arit. sredina <i>Mean value</i>	6,29	3,02	2,49	7,44	

$$\sigma=0,69 \text{ m/s}^2$$

B) Maksimalni broj okretaja (*maximum rotational frequency*):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	4,70	3,83	2,06	6,40	1,70
2	4,24	4,12	2,71	6,50	3,30
3	3,73	3,90	2,52	5,96	5,20
4	4,40	3,99	2,07	6,29	0
5	4,87	4,01	2,12	6,65	5,70
6	4,10	4,18	1,34	6,17	1,90
7	4,32	3,94	1,91	6,15	2,20
8	4,34	4,02	1,90	6,21	1,30
Arit. sredina <i>Mean value</i>	4,34	4,00	2,15	6,29	

$$\sigma=0,2 \text{ m/s}^2$$

C) Maksimalna snaga (*full load*):

Mj. broj (M. No)	x	y	z	WAS	%
1	4,54	3,31	2,44	6,12	1,30
2	4,12	3,48	2,33	5,87	5,30
3	4,53	3,70	2,86	6,51	5,00
4	4,43	3,36	2,60	6,14	0,96
5	4,22	3,30	2,25	5,81	6,30
6	5,05	3,41	2,74	6,68	7,70
7	4,31	3,83	2,33	6,22	0,30
8	4,56	3,63	2,22	6,24	0,60
Arit. sredina <i>Mean value</i>	4,47	3,50	2,47	6,20	

$$\sigma=0,27 \text{ m/s}^2$$

ANALIZA REZULTATA MJERENJA - Measurement results analysis

Utjecaj rukovatelja na razinu vibracija prikazan je u tablici 2. Najveće razlike utvrđene su između dviju izračunatih WAS vrijednosti izmjerenih na prednjoj ručki u praznometu hodu, kao i pri maksimalnom broju okretaja. Razlika WAS vrijednosti između dvaju rukovatelja iznosila je $4,39 \text{ m/s}^2$ u praznometu hodu, odnosno $2,71 \text{ m/s}^2$ pri maksimalnom broju okretaja. Za kritične vrijednosti napravljen je frekvencijska analiza razina ubrzanja vibracija za srednje vrijednosti tercnih frekvencija. Rezultati su prikazani u tablici 17 i na slici 5.

Granice dnevног izlaganja prikazane su na slici 5. One prikazuju da postoji značajna razlika između dva rukovatelja.

Duljina vodilice lanca takođe značajno utječe na razinu akceleracija vibracija koje se prenose na ruke rukovatelja. Njezin utjecaj posebno je značajan pri nižim brojevima okretaja. Veće su razlike izmjerenih razina vibracija uočene na stražnjoj ručki i to u smjeru koordinatnih osi x i y.

Ubrzanje vibracija po 1/3 oktava u praznom hodu, smjer y m/s²

Acceleration analyzed in one-third octave bands at idling, direction y, m/s²

Tab. 17.

Frekvencija, Hz Frequency	6,3	8	10	12,5	16	20	25
Rukovatelj I Operator I	0,1	0,22	0,33	0,17	0,23	0,47	0,49
Rukovatelj II Operator II	0,39	0,25	0,21	0,30	0,67	1,07	1,22
Frekvencija, Hz Frequency	31,5	40	50	63	80	100	
Rukovatelj I Operator I	0,44	1,82	9,66	1,53	0,72	2,02	
Rukovatelj II Operator II	6,03	20,4	4,62	0,99	0,74	0,54	

Mjerenja i analiza mjernih rezultata utjecaja zatezne sile nisu ukazala na značajan utjecaj ovoga parametra na razinu vibracija. Utjecaj količine goriva i maziva u spremnicima te način prihvata pile sažeto su prikazani u tablici 18.

Utjecaj količine goriva u spremniku i utjecaj načina prihvata pile na razinu vibracija

Fuel level in tanks and ways of gripping the chain saw influences on the vibration level

Tab. 18.

Režimi rada Operating condition	Način prihvata pile Way of gripping handles		Količina goriva Fuel level in tank	
	Prislonjena Put up	Odmaknuta Held away	Prazni spr. Empty tank	Puni spr. Full tank
Prazni hod Idling	↑	↓	-	-
Maks. br. okr. Max.rot.freq.	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓
Maks. snaga Full load	-	-	↑↑	↓↓

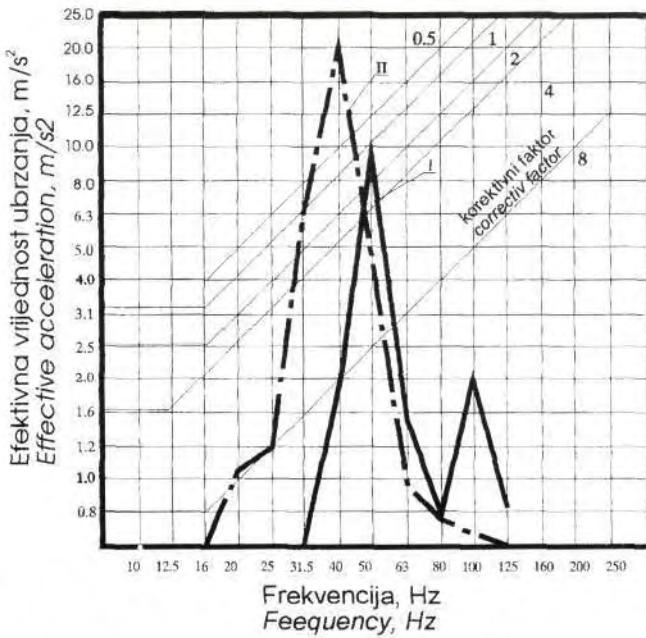
↑ - povećava(increase); ↑↑ - značajno povećava(significantly increase); ↓ - smanjuje (decrease); ↓↓ - značajno smanjuje (significantly decrease)

ZAKLJUČAK - Conclusion

Od pet pretpostavljenih utjecajnih parametara na razinu vibracija na ručkama motornih pila lančanica, ispitivanja su pokazala da četiri parametra imaju značajan utjecaj. Značajni su utjecajni parametri:

- rukovatelj,
- duljina vodilice lanca,
- količina goriva i maziva u spremnicima i
- način prihvata motorne pile.

Također bi trebalo istražiti interakcijsko djelovanje između ovih i drugih utjecajnih parametara. Međutim, da postupak mjerenja vibracija na ručkama motornih pila treba preciznije odrediti, jasno su pokazali rezultati istraživanja izneseni u ovome radu. To podrazumijeva i nužnost poticaja promjene u nacionalnim normama kao i u normi ISO 7505.



Sl. 5. Grafički prikaz ubrzanja vibracija po srednjim frekvencijama tere

Fig. 5. Graphic representation of the acceleration analyzed in 1/3 octave bands

LITERATURA - References

1. Sjerobabski, A. (1975): Utjecaj buke i vibracija na zdravlje i proizvodnost radnika, Zbornik referata savjetovanja Zaštita okoline od prekomjerne buke i vibracija, Opatija, str. 17-25
2. Bogadi-Šare, A.: Metode i kriteriji u dijagnostici vibracijske bolesti, Radovi 25(1990)1, Šumarski institut Jastrebarsko, str. 133-149
3. Radišić, I.: Utjecaj interminentne ekspozicije vibracijama na prevalenciju vibracionog sindroma, Radovi 25(1990)1, Šumarski institut Jastrebarsko, str. 149-157
4. ... IEC 651: 1979, Sound level meters
5. ... ISO 6531: 1982, Machinery for forestry - Portable chain saws - Vocabulary
6. ... ISO 5349: 1986, Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration
7. ... ISO 5347: 1987, Method of calibration of vibration and pickups
8. ... ISO 5348: 1987, Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers
9. ... ISO/TC 108/SC4/14: 1974, Guide for the evaluation of the human exposure to hand transmitted vibration
10. ... DIN 45675: 1987, Einwirkung mechanischer Schwingungen auf das Hand-Arm-System, Messung der Schwingungen von Handkettensägemaschinen, Teil 1 i Teil 2
11. ... DIN 45671: 1987, Messung mechanischer Schwingungen am Arbeitsplatz, Teil 1 i Teil 2
12. ... ČSN 470172: 1984, Metodika merenja vibracija na pravilisti
13. ... NF E90-402: Guide pour l'évaluation de l'exposition des individus aux vibrations transmises aux membres supérieurs
14. ... ISO 7505: 1986, Forestry machinery - Chain saws - Measurement of hand transmitted vibration
15. Goglia V.: Osigurava li ISO 7505 mjernu ponovljivost?, Mehanizacija šumarstva 19(1994)1

SUMMARY: *It is a well known fact that the vibration level of the motor chain saws is influenced by a large number of parameters. To provide for repeatability and reproducibility of the vibration level measurements, the international standards seek to give a clear definition of the measurement procedure for measuring vibrations on the motor chain saw handles. Only a well-defined measurement procedure enables the ergonomic evaluation of motor chain saws and the choice of the type best meeting the imposed ergonomic criteria.*

Unfortunately, the measurements of the vibration levels made in various laboratories on the same motor chain saw showed substantially different results. This inevitably leads to the conclusion that the measurement procedure does not control all the significant parameters influencing the vibration level of the motor chain saws. It is therefore necessary to do further research work into the quantification of the factors of influence yet not mentioned by the international standards.

Bearing this in mind, a research work on motor chain saw vibration levels was done at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

The following parameters were studied:

- operator,
- chain strain,
- chain guide length,
- fuel level in tank,
- ways of gripping the motor chain saw handles.

The influences of these parameters were quantified by measurements. The paper presents detailed research data and results, which are very interesting in many respects: some of the obtained results were expected, but some of them came as a surprise. The research results on the whole give us reason to believe that this research work might contribute to the gradual improvement of the procedure for measuring vibrations on the motor chain saw handles and initiate the necessary changes of the relevant international standards.

Key words: *chain saw, vibration, measuring procedure, international standards*